

**Grooved-electrode piezoelectric resonator**

Patent Number: ☐ US4384232  
Publication date: 1983-05-17  
Inventor(s): DEBELY PIERRE (CH)  
Applicant(s):: EBAUCHES SA (CH)  
Requested Patent: ☐ JP56065517  
Application Number: US19800195775 19801010  
Priority Number(s): FR19790025562 19791015  
IPC Classification: H01L41/04  
EC Classification: H03H9/13, H03H9/215  
Equivalents: ☐ FR2467487, ☐ GB2063559

**Abstract**

A tuning fork resonator has electrodes 7 and 8 on the opposite main surfaces of each tine and lateral electrodes 9 and 11 along the edges of each tine. The electrodes 7 and 8 of one tine are connected to the electrodes 9 and 11 of the other tine and to one pole of the supply. The other electrodes are similarly connected to the other pole. The electric fields extend parallel to the main surfaces of the tines. In order to improve the uniformity and density of the fields, grooves 4 and 5 are etched along one main surface of each tine and the electrode 8 has parts extending into the grooves. Various modifications are possible including omission of the part of the central electrode between the grooves, provision of a single, central longitudinally groove and the provision of opposing grooves in both main surfaces. Electrical power consumption is reduced.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

⑨ 日本国特許庁 (JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭56—65517

⑤ Int. Cl.<sup>3</sup>  
H 03 H 9/21  
9/13  
9/17

識別記号  
庁内整理番号  
7190—5 J  
6125—5 J  
7190—5 J

⑬ 公開 昭和56年(1981)6月3日

発明の数 1  
審査請求 有

(全 5 頁)

⑭ 圧電振動子

⑮ 特 願 昭55—143059

⑯ 出 願 昭55(1980)10月15日

優先権主張 ⑰ 1979年10月15日 ⑱ フランス  
(F R) ⑲ 7925562

⑳ 発 明 者 ピエール・デブリイ

㉑ 出 願 人 エボーシユ・ソシエテ・アノニ  
ム

スイス国ノイシャテル・フオー  
ブル・ドウ・ロオピタル1

㉒ 代 理 人 弁理士 矢野敏雄

明 細 書

1 発明の名称

圧電振動子

2 特許請求の範囲

1. その1つの表面上に第1電極を有し、第1電極は第2電極と結合して、上記表面に対して実質的に平行な方向に電界を発生する圧電振動子において、上記表面に溝を有し、第1電極の少なくとも1部分がこの溝の中にあるように設けられることを特徴とする圧電振動子。

2. 第1電極の1部が、電氣的に相互に接続され、また溝の2つの側面に設けられるような、特許請求の範囲第1項記載の振動子。

3. 2つの平行な歯を持つチューニングフォーク(音叉)形状をなし、これら各歯の1つの表面状に、歯の横面から十分に等距離を保った縦方向の溝を有するような、特許請求の範囲第1又は第2項記載の振動子。

4. 第1表面に設けられた溝とは反対に位置す

るよう、振動子の各歯の他表面に設けられた他の縦方向の溝を有するような、特許請求の範囲第3項記載の振動子。

5. 2つの平行な歯を持つチューニングフォーク形状をなし、これら各歯の1つの表面上に、歯のそれぞれの横面から実質的に等距離を保った位置に設けられた2つの縦方向の溝を有するような、特許請求の範囲第1項又は第2項記載の振動子。

6. 第1表面に設けられた溝とは反対に位置するよう振動子の各歯の他表面に設けられた他の2つの縦方向の溝を有するような、特許請求の範囲第5項記載の振動子。

7. 2つの平行な歯を持つチューニングフォーク形状をなし、チューニングフォークの各歯の表裏の主表面上の中央電極と、チューニングフォークの歯の横側面を覆う横電極とを有し、各歯の中央電極の少なくとも1つは、全体的に又は部分的に各々の主表面の1つ又はそれ以上の溝の中に設けられるような、特許請

(1)

(2)

求の範囲第1項から第6項までのいずれかに記載の振動子。

### 3 発明の詳細な説明

本発明は、圧電結晶（ピエゾクリスタル）振動子、特に（限定するものではないが）チューニングフォーク（音叉）形状をなす振動子に関するものである。励起電界は振動子の表面の1つに平行な方向に作られ、電界を作るための電極の1つは、振動子の上記表面上に設けられる形式の振動子に関するものである。

圧電結晶振動子は、時計および腕時計を含むあらゆる種類の電子装置や電子機器におけるタイムベース（基準時間）を形成するために極めて有用なものである。多くの適用例において、チューニングフォーク形の結晶振動子が、特にその特質として有している小型化し得るという観点から極めて有利な形状であることが、立証されている。また、同様な適用例において、チューニングフォークの振動を維持するために必要なエネルギー消費を、可能な限り減少させる

(3)

明されており、例えば米国特許明細書第3969641号で説明されているように（第1図参照）、多くの場合、チューニングフォークは水晶結晶によつて形成され、ギャップにより分割された2つの平行な歯を有している。それぞれの歯には極性の逆な電極を形づくるための導電性沈着物が付加され、これら電極は歯の中に、チューニングフォークを振動させるための圧電歪を発生させる交番電界を作り出すことができる。電極は、各歯の平面における交番電界が歯の長さ方向を横切るように、また2つの歯の間において180°の位相関係となるように配置されて、エネルギー源に接続される。

本発明の実施においては、チューニングフォークの厚さよりも少い深さを持つ、少なくとも1つの溝が、各歯の主表面のうちの少なくとも第1の表面上に縦に設けられ、また各歯における励起電極は、歯の表裏の主表面に設けられた中央電極と、チューニングフォークの歯の横側面を覆う横電極とから構成され、各歯の中央電極の

(5)

特開昭56-65517(2)

ということも、等しく望まれており、特に駆動エネルギーが腕時計又は携帯用電卓（計算器）などのような携帯機器に内蔵されて極めて小さな寸法の電池から供給される場合は、ことさらである。本発明による振動子は、従来の振動子よりさらに均一な、しかも局部的に強力な励起電界を発生させることによりエネルギー消費を抑えるという手法を用いて設計されたものである。これにより、本発明は単にチューニングフォーク形状をなす結晶振動子のみならず、他のあらゆる形状の振動子、即ち励起電極が設けられた結晶面に平行な励起電界を生ずるようなあらゆる振動子に適用できるものである。

本発明は、第1電極が振動子の1つの表面に設けられ、第2電極との相互作用によつて上記表面に十分に平行な方向を有する電界を発生し、この第1電極は少なくともその1部分が溝の中に設けられているような、圧電結晶振動子を提供するものである。

チューニングフォーク形振動子は以前にも説

(4)

うちの少なくとも1つは、完全に又は部分的に各々の主表面の1つ又はそれ以上の溝の中にあるように構成されている。

電極は、それ自体は公知の手法によつて電気的に接続されるよう設計されている。1方の歯の中央電極と他方の歯の横電極とが、励起電源の1つの極に接続され、逆に第2の歯の中央電極と第1の歯の横電極とが反対の極に接続される。これらの接続はチューニングフォーク自身の上に沈着された適切な巾を有する導電性コーティングによつて行うことができる。動作においては、歯の平面上の交番する横方向電界の結果としてのチューニングフォークの歯のたわみにより、振動子の振動が持続されることが可能となる。

チューニングフォーク振動子に本発明を適用する1つの事例においては、歯の厚さにくい込む中央電極を配置することが、圧電結合を増加させる。同等の寸法を有するものであれば、この結合の増加は振動子の特性要因（ $Q$ ）の増加

(6)

をもたらし、そのため、一般的な振動等価回路において損失を発生させる直列抵抗の減少の結果として、振動子が接続される振動回路の電流消費を少なくする。換言すれば、同等の特性要因を有するものであれば、この配置は振動子の寸法を減少させるものである。

1つの構成方法では、単独の溝が各歯上に設けられる。溝の寸法は、その側面が可能な限り歯の横側面に近くなるように決められる。即ち振動子の必要な機構的強度を維持し、その製造技術上許される範囲において近づくよう、位置決めされる。同様に、この溝は可能な限り深いほうが、結果は良い。

さらに、歯の溝と横側面の間に位置する部分は、十分に堅く、また溝がないチューニングフォーク部分に振動を伝達することが可能であるように、歯の中央部分とも十分に堅固に結合されていることが、必要である。しかし、あらゆる場合において、この後者の条件は、歯の横側面から溝の側面までの距離による製造技術上の

(7)

分に分割して、それらを、1つ又はそれ以上の導電帯で電氣的に接続することにより、電極材料の節約が行なわれる。溝の側面に設けられた中央電極のこれら部分のみが、振動子の励起電界を発生するために作用することは、事実である。

他の構成においては、チューニングフォークの各歯の主表面のうちの1つ又は両方に2つの溝が設けられる。これらの溝は歯の横側面に可能な限り近い位置に設けられ、これについても上に述べたと同様の制約が存在している。

溝の形成に関しては何の技術的問題もない。写真製版により振動子を製作するための良く知られた処理工程において、通常クロム又は金の金属層が水晶結晶板上に付着させられる。この金属層は振動子の形状をなす範囲のみを残すような方法により他部分が取り除かれる。水晶板は次に、金属層によつて保護されていない部分を取り除くため、ふつ化水素酸によつてエッチされる。

(9)

制約により制限されるものである。

実際には、材料の厚さは溝を切つてもまだ余りがあり、また溝の側面と振動子の歯の横側面との間の距離は振動子の厚さの少くとも $\frac{1}{3}$ に等しい値を保つように設定される。

このような溝形路は、振動子のただ1つの主表面上に設けられて他表面は平面であるか、又は両方(表裏)の主表面に設けられるかの、どちらかである。この後者の場合、歯の断面は対称であつて、これは振動子の歯の主表面における平面のゆがみを無視できるようにするものである。

振動子の振動モードは内部的には励起電極の長さ依存することが知られている。それ故、望ましい振動モードの関数として溝の長さを、場合に応じて選択できることは、明らかである。

溝が振動子の主表面の1つ、又は主表面の両方に設けられて、それが十分に大きければ、中央電極を少くとも溝の側面に位置する2つの部

(8)

振動子の表面の片側のみに溝を作るためには、表面を保護する金属層の望ましい位置にスロットが設けられる。次に水晶は、片側の面においては、スロットを通してふつ化水素酸によつて侵食され、一方、両面上の保護されていない他部分は直接侵食される。この様に、振動子の外形形状がふつ化水素酸によつてエッチされている間に、溝は水晶の厚さの約半分に等しい深さまで、エッチされる。

振動子の両方の主表面に溝を作るためには、エッチング処理に補足的工程が追加される。ふつ化水素酸によるエッチングは、溝を設けるべき位置に全くスロットを有していない振動子外形形状を持つ金属保護層を用いて開始される。このエッチングは水晶が振動子の外形から十分に取り除かれる前に中止され、次に溝の設けられる位置に相当する金属層にスロットが作られる。ふつ化水素酸によるエッチングが再び開始され、水晶が完全に振動子形状にエッチされるまで継続される。必要な溝は、金属層に作られ

(10)

極を構成する金の沈着は各主表面上に2つに分割されて設けられ、溝の壁面のみ金コーティングがされている。2つの電極部分は導電帯(図には示していない)によつて溝の終端部において電源の同一極に必然的に接続されている。溝は第3図に示すものよりも浅い。これは前面と後面の溝の間の水晶の厚さ、例えば約50ミクロン程度、を確保するために必要なことである。

第6図は、他の構成によるチューニングフォークの2つの歯33および34の断面である。溝35、36、37および38はこれら歯の中にカットされ、溝の1つ1つは各歯の各主表面上に設けられている。中央電極39、40、41および42はこれらの溝の壁面上に沈着され、横電極43、44、45および46と作用して、上に述べた例と同様に、チューニングフォークを振動状態とするための必要な横断電界を発生させる。

要するに本発明は各歯の表裏の主表面上に電

極7および8を、また各歯の側面に沿つて横電極9および11を有するチューニングフォーク振動子に関するものであり、1つの歯の電極7および8は他の歯の電極9および11と接続され、さらに電源の1つの極と接続され、また他の電極も同様手法で接続されて電源の他極に至るものである。電界は歯の主表面に平行に発生する。電界の均一性および強度を向上させるため、溝4および5が各歯の1つの主表面に沿つてエッチされ、また電極8は溝の中にまで伸展した部分を有する。多くの変更実施が可能であつて、それらは溝に関する中央電極部分の省略、信号の配置、縦方向中央電極、および主表面の表裏両面での溝の配置、などである。消費電力が減少する。

#### 4 図面の簡単な説明

第1図は本発明を実施した振動子を、その1つの主表面側から見た図であり、第2図は同じ振動子を反対側の主表面から見た図であり、第3図は第1図の線IIに沿つて切断した振動子の

歯の断面を表わす図であり、第4図は本発明を変更実施した振動子の歯の1つを表現した図であり、第5図は第4図と比較するため、溝のない公知の振動子に生ずる電気力線を示した図であり、第6図は本発明の他の変更実施を施したチューニングフォーク振動子の2つの歯を表わす図である。

1…水晶振動子、2、3…歯、4、5…溝、6…補足沈着部、7、8…中央電極、9、11…横電極、14、15…導電帯、17、18…コンタクトエリア、26、27、28、29…溝、31、32…横電極、33、34…歯、35、36、37、38…溝、39、40、41、42…中央電極、43、44、45、46…横電極

代理人 弁理士 矢野敏雄

Fig.1.

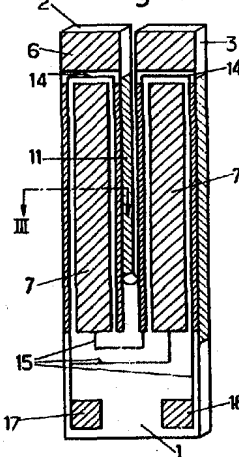


Fig.2.

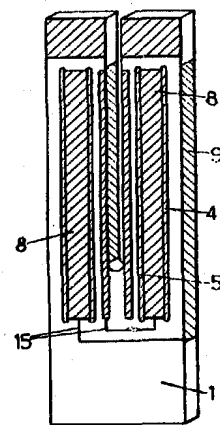


Fig.3.

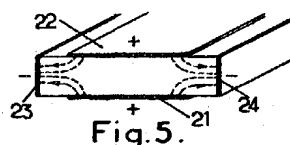
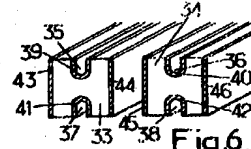
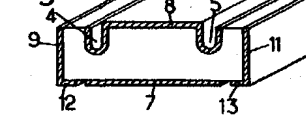


Fig.5.

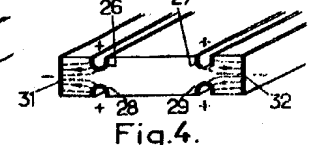


Fig.4.

たスロットに応じて同時に形成され、これらの深さはふつ化水素酸による2回目のエッチング期間の長さによつてきめられる。

溝の中への電極装着は、チューニングフォークの横側面への電極装着と同様の工程によつて行なわれる。

本発明は、添付図面を参照しながら実施例が説明される。

第1図および第2図において、水晶振動子1は2つの平行な歯2および3を分離する中央ギャップを有するチューニングフォーク形状をなしている。これらの歯の巾の方向は結晶のX軸と平行であり、これらの歯の長さ方向は一般的にY軸と0〜10°の角度を持つものである。歯は互いに同等であり、また同等の電極を有している。但し電極に関しては振動子の電源供給における電氣的接続のみが異つてゐる。

振動子前面(第1図)は平坦であり、1方後面(第2図)には2つの縦方向溝4、5が各歯にカットされており、これら溝は拡大した断面

33

の主表面上に形成される。即ち前面の電極7および後面の電極8である。後面の表面においては、導電性コーティングが電極8を形成し、これは溝と溝の間の平坦部はもちろん、2つの溝4および5の底および側面をもコーティングが連続的に水晶を覆う形となつてゐる。横電極9および11は歯の横面を覆つてゐる。横電極は歯の主表面の1方のみを包みこんでゐる。即ち溝のない主表面において、へりの部分12および13は、チューニングフォークの歯のへりを取り囲んで拡がり、中央電極7の両側に平行して伸びてゐる。

歯の先端に近い部分では、導電帯14が各歯の2つの横電極を相互に接続している。フォークの根本、即ち2つの歯に共通するベース部の近くにおいて、他の導電帯15が各中央電極7を他の歯に設けられた横電極に接続し、さらにコンタクトエリア17および18に接続している。各コンタクトエリアはチューニングフォークの1つの歯の中央電極と、他の歯の2つの(

34

図として第3図に示される。溝は比較的深くまた狭いものであつて、歯の横面に接近した部位に設けられている。例をあげると、振動子の厚さは125ミクロンであり、歯の巾はその3〜4倍の大きさであつて、溝は各横面から約50ミクロン離れて形成されその深さは約50ミクロン程度のものである。

振動子に電源を供給するための、励起電極およびそれらの接続路、さらにコンタクトエリア(電源リードが接続される部位)は全て振動子の表面に沈着された導電性コーティングにより構成され、この例の場合には真空蒸着された金が使用されている。金の補足沈着部がチューニングフォークの歯の先端部に6として形成され、これは振動子の固有周波数を調節するのに用いられ、この部分の材料をレーザービームを使用して取り除くという一般的な手法によつて周波数調節が行なわれる。

本質的には、各歯は、2つの中央電極と2つの横電極とを有している。中央電極は歯の2つ

35

歯の両側の)横電極とに電氣的に接続されている。振動子の初期振動用や振動維持のための電源はこれらコンタクトエリア17、18を経て一般的な手法で与えられる。

溝4、5の存在は結晶のX軸に沿つて均一な電界を発生させる上で有効なものである。それらの働きは、比較図(第4図、第5図)に示される。これらの図では、動作状態で発生する電気力線が振動子の1つの歯の断面に表わされている。第5図の場合、チューニングフォークは溝を持たず、中央電極21、22は、歯の側面に公知手法によつて設けられた横電極と共に動作に関与する。本発明による振動子は第4図に示され、ここでは今までに説明した実施例における溝4、5と類似の溝26、27を振動子背面に有しているのみならず、歯の前面主表面上に同様に形成された対称溝28、29をさらに有している。横電極31、32はこの例においては振動子の横側面にのみ設けられ、主表面上への、へり越え拡長はしていない。また中央電

36